

## 第5章 中小水力発電に係るポテンシャル分析ツールの精緻化

本章は、過年度に作成したポテンシャル分析ツールについて、パラメータ（コスト、管路長等）設定の多様化や、異なる条件に基づく計算結果の同時表示機能の追加等により、ツールの更なる利便性の向上を図った。また、実際の中小水力発電のデータを複数用いて、ツールの妥当性検証を行った。

### 5.1 分析ツールの高度化等

#### 5.1.1 機能拡張

平成28年度業務で開発した「中小水力発電に係るポテンシャル分析ツール」（以降「本分析ツール」という。）について、昨年度業務でのアドバイザーからの指摘事項を踏まえ機能拡張を行った。

##### （1）流況情報の追加

本分析ツールにより設備容量等をシミュレーションする際の情報として、豊水流量、平水流量、低水流量、渇水流量の4項目の流況情報を水路100mセグメントデータに追加した。これらの流況情報の概要を表5.1-1に示す。

なお、過去業務にて収集した流量データはおよそ10年分あり、それらをひとつのデータとして解析に用いた。そのため、各流量は全体を1年分のデータとして扱い、その中で○番目に多い1日の流量（たとえば、豊水流量であれば10年分の日流量のうち95/365にあたる日の流量）を採用した。

また、収集した流量データは観測所の流量であるため、各セグメントにおける流量は利用可能水量と同様に流域面積による按分値とした。

これらの流量情報は、本分析ツールにおいては水路100mセグメントデータに4つのフィールドを追加し、属性閲覧画面で表示するものとした。また、流量は属性テーブルには計算による按分値を格納したが、ツールでの数値表示は小数点以下第2位までとした。QGIS上でのテーブル形式の表示画面を図5.1-1に、また本分析ツール上での表示画面を図5.1-2に示す。

表 5.1-1 追加流況情報概要

表示名称	フィールド名	単位	概要
豊水流量	P_discharg	m <sup>3</sup> /s	年間で 95 番目に多い日流量
平水流量	O_discharg	m <sup>3</sup> /s	年間で 185 番目に多い日流量
低水流量	L_discharg	m <sup>3</sup> /s	年間で 275 番目に多い日流量
渇水流量	D_discharg	m <sup>3</sup> /s	年間で 355 番目に多い日流量

H29sample\_水路100mセグメントデータ :: 総地物数: 16688, フィルター数: 16688, 選択数: 0

OBJECTID	SegmentID	Elevation	AccumWSA	Qmaxr	BlockID	BlockName	BlockOmax	BlockBA	Road	ObservedP	P_discharg	O_discharg	L_discharg	D_discharg	
1	91063	636554...	167.00...	0.0295770...	0.000227...	236.0000...	五郷ダム	0.12000...	12.40000...	192.2713...	2003年～2...	0.00027249090	0.00020436818	0.00011353788	0.00006812273
2	91064	636555...	161.00...	0.0026887...	0.000020...	236.0000...	五郷ダム	0.12000...	12.40000...	468.2465...	2003年～2...	0.00002477121	0.00001857841	0.00001032134	0.00000619280
3	91065	636556...	135.00...	0.0887311...	0.000681...	236.0000...	五郷ダム	0.12000...	12.40000...	150.8815...	2003年～2...	0.000081747108	0.000061310831	0.000034061295	0.000020436777
4	91066	636557...	128.00...	0.2016597...	0.001549...	236.0000...	五郷ダム	0.12000...	12.40000...	372.6993...	2003年～2...	0.00185787175	0.00139340881	0.00077411323	0.00046446794
5	91067	636558...	112.00...	0.1371209...	0.001052...	236.0000...	五郷ダム	0.12000...	12.40000...	75.55637...	2003年～2...	0.00126335599	0.00094751699	0.00052639033	0.00031583900
6	91068	636559...	108.00...	0.2070371...	0.001589...	236.0000...	五郷ダム	0.12000...	12.40000...	288.8665...	2003年～2...	0.00190741385	0.00143056001	0.00079475556	0.00047685334
7	91069	636560...	85.00...	0.1935931...	0.001486...	236.0000...	五郷ダム	0.12000...	12.40000...	19.05396...	2003年～2...	0.00178355452	0.00133766589	0.00074314772	0.00044588863
8	91070	636561...	79.00...	0.2124145...	0.001630...	236.0000...	五郷ダム	0.12000...	12.40000...	213.2779...	2003年～2...	0.00195695431	0.00146771573	0.00081539763	0.00046923859
9	91071	636562...	56.00...	0.2151027...	0.001651...	236.0000...	五郷ダム	0.12000...	12.40000...	11.02342...	2003年～2...	0.00198172040	0.00148629030	0.00082571683	0.00049543010
10	91072	636563...	73.00...	0.2204804...	0.001692...	236.0000...	五郷ダム	0.12000...	12.40000...	119.8313...	2003年～2...	0.00203126500	0.00152344875	0.00084636042	0.00050781625
11	91073	636564...	52.00...	0.2393007...	0.001837...	236.0000...	五郷ダム	0.12000...	12.40000...	36.85011...	2003年～2...	0.00220465473	0.00165349105	0.00091868014	0.00055116368
12	91074	636565...	57.00...	0.2231690...	0.001713...	236.0000...	五郷ダム	0.12000...	12.40000...	44.13966...	2003年～2...	0.00205609510	0.00154202832	0.00085668129	0.00051400877
13	91075	636566...	36.00...	0.2446780...	0.001878...	236.0000...	五郷ダム	0.12000...	12.40000...	103.9876...	2003年～2...	0.00225419512	0.00169064634	0.00093924797	0.00056354878

全ての地物を表示する。

図 5.1-1 水路 100m セグメントデータの属性テーブルの表示画面

中小水力発電ポテンシャル分析ツール

ゾーニング基礎情報の属性閲覧

コピー 印刷

水路 100mセグメント

セグメントID: 688717

標高: 50 m

流域面積: 3.4 km<sup>2</sup>

使用可能水量: 0.05 m<sup>3</sup>/s

豊水流量: 0.06 m<sup>3</sup>/s

平水流量: 0.04 m<sup>3</sup>/s

低水流量: 0.02 m<sup>3</sup>/s

湧水流量: 0.01 m<sup>3</sup>/s

代表観測所

観測所ID: 237

名称: 前山ダム

使用可能水量: 0.17 m<sup>3</sup>/s

流域面積: 10.7 km<sup>2</sup>

幅員3m以上の道路までの距離: 125.6 m

図 5.1-2 ツールにおける表示画面

## (2) 異なる条件に基づく計算結果の同時表示機能の追加

実際の検討においては、大まかな地点の設定後、取水点と放水点を同一とし、導水管の配置を変更した場合や、同一地域で取水点あるいは放水点を変更した場合等、条件を変更した検討を行うことが考えられる。それを踏まえ、設備容量等のシミュレーションの機能について、1 パターンの計算機能から、条件を変更した複数の計算結果を同時に表示するよう改修した。

同時表示件数は3 ケースとし、ケース1～ケース3 と表示する。各ケースはマーカー及び導水管ラインの表示色（赤、青、緑）を変更することで識別する仕様とした。図 5.1-3 に同一地点で3 パターンのシミュレーションを実施した画面サンプルを示す。

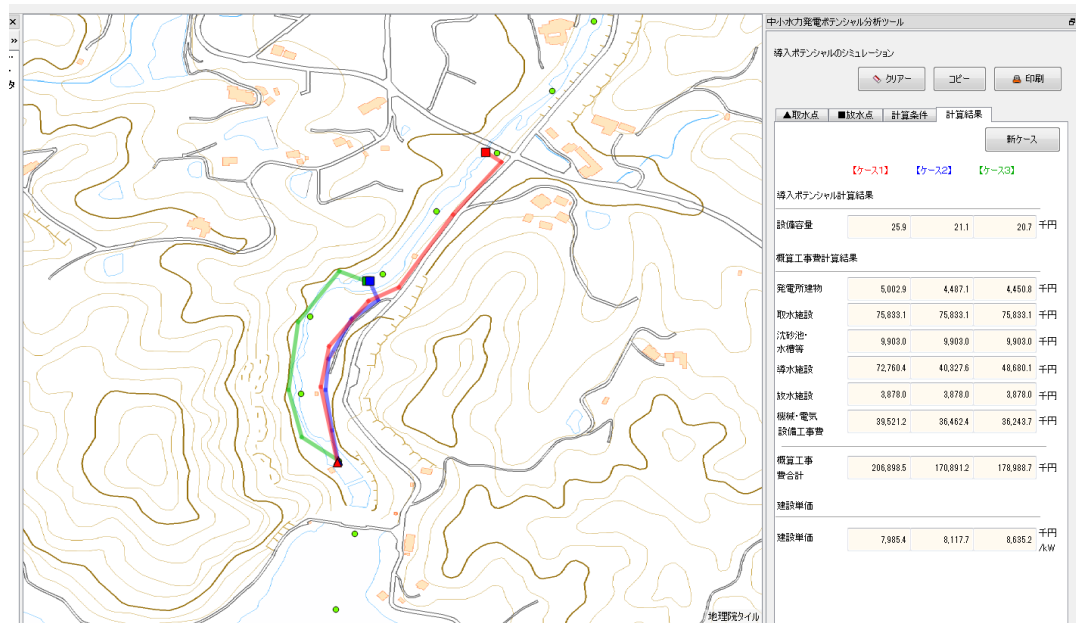


図 5.1-3 計算結果の同時表示機能

設備容量等の計算は、ケース1の条件等設定→計算後、計算結果タブの「新ケース」ボタンをクリックすると、ケース1の計算結果をケース2として表示し、新たにケース1の条件等を入力する方法とした。新たなケース1を同様に設定し、「計算」ボタンをクリックすることで、計算結果タブに最大3パターンを並べて表示する。

ケース3まで計算した後に「新ケース」ボタンをクリックした場合は、ツール上で「ケース3」として表示している計算結果を破棄し、新たにケース1を入力し、常に最新の計算結果最大3パターンを計算結果タブに並べて表示する方式とした。

## (3) データエクスポート機能の高機能化

上述(2)において計算した3ケースの計算結果をエクスポート様式にも反映した。分析ツールの計算結果のエクスポートは、印刷様式(PDF)への出力と、文字情報(csv)での出力があるが、印刷様式(PDF)について、上述5.1.1のデータ項目の追加及び5.2.2の計算パタンの追加を反映し、計算結果出力様式と水路100mセグメント出力様式を改修した。

#### (4) その他

計算条件におけるパラメータの表示について、導水管の暗きよ、開きよ、水圧管路の設定を導水管延長に対する比率 (%) としていたが、これを延長 (水平距離) (m) でも入力可能とした。

初期値は開きよ : 暗きよ : 水圧管路 = 50 : 30 : 20 とし、地図画面上で設定した導水管路の延長を上記比率で按分した距離を表示する。延長比で変更する場合は上段の数値 (%) を変更し、右側の「反映↓」をクリックすると下段の延長 (m) に反映されるようにした。逆に、導水管の延長から変更する場合は、下段の数値 (m) を変更し、右側の「反映↑」をクリックすると上段の延長比 (%) に反映されるようにした (図 5.1-4)。

なお、延長比の合計が 100%にならない場合、あるいは延長の合計が設定した導水管路の延長と一致しない場合は、確認メッセージを表示するが計算は可能とした (図 5.1-5)。

導水管種				
開きよ : 暗きよ : 水圧管路				
延長比(%)	50.0	30.0	20.0	反映↓
延長(m)	238.7	143.2	95.5	↑反映

図 5.1-4 導水管のパラメータ表示

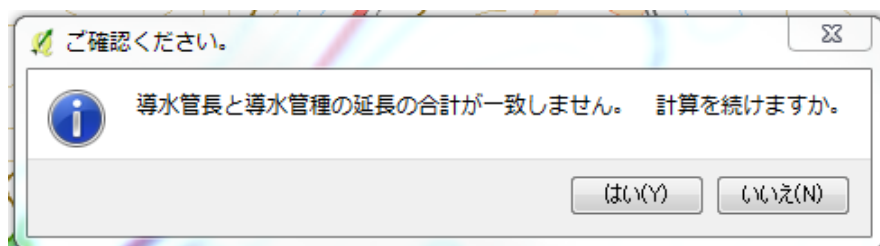


図 5.1-5 パラメータの確認メッセージ

#### 5.1.2 分析ツールの妥当性検証

本分析ツールの妥当性検証を、既開発の中小水力発電所の設計条件と事業費の情報を収集し、設計条件をもとに本分析ツールで算定した概算事業費を収集した事業費と比較することで行った。

##### (1) 既開発の中小水力発電所情報の収集

検証精度向上のため、既開発中小水力発電所情報のサンプルはできるだけ多く収集することが望ましい。そのため本業務では、既開発中小水力発電所の事業主体に対し、アンケート形式の調査を実施し、情報提供の依頼を行った。

### 1) アンケート依頼文及び調査票の作成

発電所の仕様及び事業費に関する情報は、事業主体にとっては経営情報に位置づけられる情報であるため、情報提供依頼は慎重に行う必要があった。また、特に民間の事業主体については事業費そのものについて回答を得ることは極めて難しいと考えられた。

これらのことから、本業務では回答していただいた値とツールによる計算値の乖離を得るものとし、事業費に関する回答内容がそのまま公表されないよう配慮することで、事業主体の理解を得ることとした。アンケート調査票は巻末資料4に示した。

### 2) 調査対象とする事業主体

アンケートの送付対象は、中小水力発電の事業者団体である公営電気事業経営者会議、水力発電事業懇話会、大口自家懇水力発電委員会、全国小水力利用推進協議会の4団体に協力を依頼し、各団体の傘下の発電事業者の紹介、また調査の声掛け等の段取りをしていただいた。その結果、各団体の傘下の自治体（都道府県企業局等）及び発電事業者46団体に対し、アンケートを送付した（表5.1-2）。

なお、アンケート回答の対象とする施設は、ツール開発時の想定を鑑み「2000年以降に設置された流れ込み式の発電所」としたが、情報を提供いただける場合はそれ以外の施設も対象とした。

### 3) アンケート送付時期及び回収時期

アンケート調査票は平成30年1月26日と2月7日に発送し、回答期限はアンケート受領から2週間を目処として依頼した。

### 4) アンケート回収結果

平成30年2月23日の時点で41団体（89.1%）から回答が得られた。しかし、そのうち7団体については「当該の施設がない」との回答であったため無効回答とし、有効回答は34施設（73.5%）となった。また、1団体については2施設について回答を得られたため、施設数では35施設となった。これらの施設は、特定を避けるため施設IDを与え整理した（表5.1-3）。

表 5.1-2 アンケート対象団体

no.	団体名	事業者団体
1	北海道企業局	公営電気事業経営者会議
2	岩手県企業局	
3	秋田県産業労働部	
4	山形県企業局	
5	新潟県企業局	
6	栃木県企業局	
7	群馬県企業局	
8	東京都交通局	
9	神奈川県企業庁	
10	山梨県企業局	
11	富山県企業局	
12	金沢市企業局	
13	長野県企業局	
14	三重県企業庁	
15	京都府環境部	
16	鳥取県企業局	
17	島根県企業局	
18	岡山県企業局	
19	山口県企業局	
20	徳島県企業局	
21	愛媛県公営企業管理局	
22	高知県公営企業局	
23	福岡県企業局	
24	熊本県企業局	
25	大分県企業局	
26	宮崎県企業局	
27	荒川水力電気株式会社	水力発電事業懇話会
28	株式会社工営エナジー	
29	九州発電株式会社	
30	黒部川電力株式会社	
31	住友共同電力株式会社	
32	東京発電株式会社	
33	東北自然エネルギー株式会社	
34	富山共同自家発電株式会社	
35	日本海発電株式会社	
36	ほくでんエコナジー	
37	三峰川電力株式会社	
38	デンカ株式会社	大口自家懇水力発電委員会
39	古河日光発電株式会社	
40	三菱マテリアル株式会社 東北電力所	
41	JNC株式会社	全国小水力利用推進協議会
42	株式会社アルプス発電	
43	㈱洗陽電気	
44	(株) グリーン電力エンジニアリング	
45	東吉野水力発電 (株)	
46	明正土地改良区	

表 5.1-3 アンケート回収状況（平成 30 年 2 月 23 日現在）

団体名	送付団体数	回収数	無効回答	有効回答
公営電気事業経営者会議	26	23	2	21
水力発電事業懇話会	11	11	5	6
大口自家懇水力発電委員会	4	4	0	4
全国小水力利用推進協議会	5	3	0	3
計	46	41	7	34

## （２）回答結果と本分析ツールの計算結果との比較

### 1) 発電施設の仕様に関する情報

発電施設の仕様に関する回答は、有効回答が得られた 35 施設全てで得られた。

発電施設の建設年次及び出力規模は、便宜的に以下の階級に区分して集計した（表 5.1-4、表 5.1-5）。

表 5.1-4 建設年次区分

	建設年次	備考
1	1999 年以前	最も古い施設は 1963 年建設
2	2000～2009 年	
3	2010～2018 年	完成予定を含む
4	2019 年以降	着工予定または計画中

表 5.1-5 出力規模区分

	最大出力	備考
1	100kW 未満	最小値 31kW
2	100～1,000kW	
3	1,000～5,000kW	
4	5,000～10,000kW	
5	10,000kW 以上	最大値 16,400kW

回答された発電施設の種類の、35 施設中 31 施設（88.6%）が流れ込み式であり、そのうち 27 施設（77.1%）が 2000 年以降に建設された施設であった。また、流れ込み式以外では貯水池式施設が 1 施設と調整池式施設が 3 施設であった。

これらのうち、2019 年以降に着工を予定している施設が 4 施設あり、いずれも流れ込み式施設であった（表 5.1-6）。

表 5.1-6 発電所種類と建設年次

発電所種類	建設年次				計
	1999 年以前	2000～2009 年	2010～2018 年	2019 年以降	
流れ込み式	4	7	16	4	31
貯水池式	0	1	0	0	1
調整池式	1	0	2	0	3
計	5	8	18	4	35

## 2) 発電施設の形式及び規模

回答された 35 発電施設の規模は、「100kW 以上 1,000kW 未満」が最多で 12 施設 (35.3%)、「1,000kW 以上 5,000kW 未満」が次いで 11 施設 (32.4%) となり、5,000kW 未満の施設が 28 施設 (80.0%) を占めた (表 5.1-7)。

ここで、本ツールは 1,000kW 規模の発電施設を対象として開発したため、5,000kW 以上の 7 施設を評価対象外とした。

表 5.1-7 発電所種類と最大出力

発電所種類	最大出力 (kW)					計
	～100	100～ 1,000	1,000～ 5,000	5,000～ 10,000	10,000～	
流れ込み式	4	12	10	3	2	31
貯水池式	0	0	1	0	0	1
調整池式	1	0	0	0	2	3
計	5	12	11	3	4	35

## 3) 取水口の設置状況

回答された 35 発電施設の取水口の設置状況は、「既存の取水堰を流用した。」が 12 施設 (35.3%)、「既存の砂防堰堤等にチロル式取水設備を付加した。」が 3 施設 (8.8%)、すべて流れ込み式、「その他」が 20 施設 (58.8%) であった。「既存の砂防堰堤等の上流側に取水口を設置した。」と回答した施設はなかった (表 5.1-8)。

「その他」と回答した施設のうち、取水口を新設したと考えられる施設は 13 施設 (38.2%) であった。このうち 12 が流れ込み式で、1 施設が調整池式の施設であった。

取水口を新設しなかった施設は「旧発電所の取水堰にゴム引布製起伏堰にて新たに嵩上げ設置した。」「用水路に角落しおよびゲートで締め切り、えん堤とする。」「浄水場とポンプ場の水位差を利用して発電しており、取水堰を新設していない。」「ダム建設時に取水設備を建設」等により取水していた。

表 5.1-8 発電所種類と取水堰の設置状況

発電所種類	既存の取水堰を流用した。	既存の砂防堰堤等にチロル式取水設備を付加した。	既存の砂防堰堤等の上流側に取水口を設置した。	その他	総計
流れ込み式	11	3	0	17	31
貯水池式	0	0	0	1	1
調整池式	1	0	0	2	3
総計	12	3	0	20	35



### (3) 事業費に関する情報

発電施設の仕様に関する質問は有効回答が得られ、出力規模が過大な7施設を除いた28施設のうち、27施設で事業費に関する回答が得られた。

発電施設の総事業費は、回答された金額の分布から、便宜的に以下の階級に区分して集計した(表5.1-9)。

表 5.1-9 発電所種類と取水関の設置状況

	総事業費
1	100,000 千円未満
2	100,000 千円以上 500,000 千円未満
3	500,000 千円以上 1,000,000 千円未満
4	1,000,000 千円以上 5,000,000 千円未満
5	5,000,000 千円以上

#### 1) 発電施設の種類の種類と総事業費

回答があった発電施設の総事業費は、27施設中13施設(48.1%)が1,000,000千円以上5,000,000千円未満の範囲にあり、最も多かった。この13施設は全て流れ込み式の施設であった。次いで、100,000千円以上500,000千円未満の区分(8施設(29.6%))と5,000,000千円以上の区分(4施設(14.8%))が多かった(表5.1-10)。

アンケート回答データの最大出力と総事業費の関係を確認したところ、概ね一定の比例関係である傾向が見られた(図5.1-6)。

ここで、貯水池式と調整池式施設については検証の対象から除外することとし、流れ込み施設25件についてツール検証を行うこととした。

表 5.1-10 発電所種類と総事業費

発電所種類	総事業費 (千円)					計
	~100,000	100,000~ 500,000	500,000~ 1,000,000	1,000,000 ~ 5,000,000	5,000,000 ~	
流れ込み式	1	7	4	13	0	25
貯水池式	0	0	0	0	1	1
調整池式	0	1	0	0	0	1
計	1	8	4	13	1	27

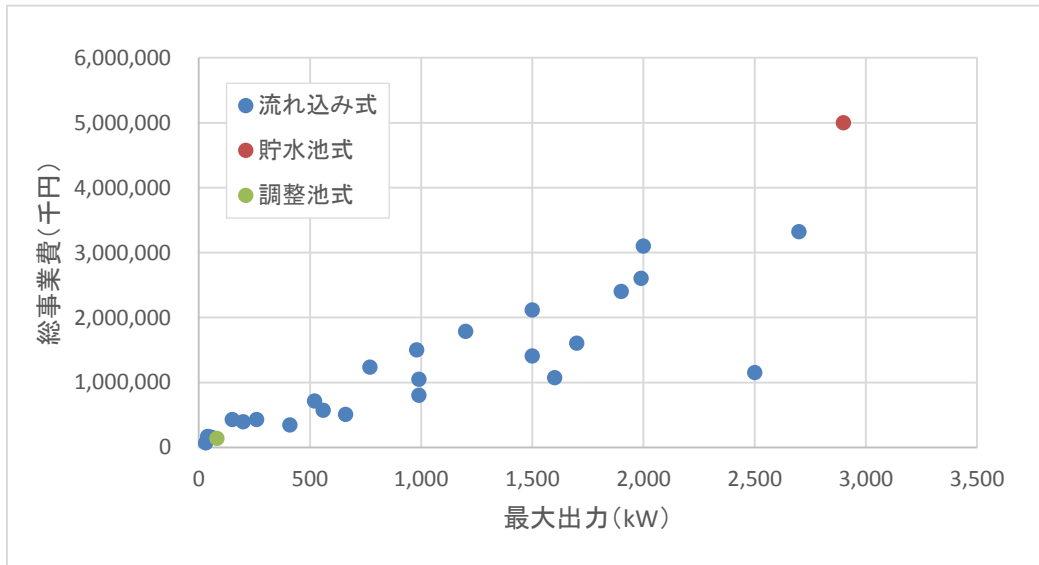


図 5.1-6 発電所種類と総事業費の分布

## 2) ツールによる発電施設の仕様に関する検証結果

流れ込み式発電施設の仕様に関する質問について有効回答が得られた 25 施設のうち、施設位置の特定が困難等の理由により本分析ツールでの計算ができなかった 2 施設を除く 23 施設についてアンケート回答データを元にツールで計算した。

### i) 取水量に関する検証結果

アンケートの「取水点の標高」から、取水点に最も近いと考えられる水路 100m セグメントを検索し、当該セグメントの使用可能水量(B)とアンケートの取水点における最大取水量(A)と比較した(表 5.1-11)。なお、施設 ID17 はアンケートの取水量が無回答であったため、施設 ID22 は水路 100 セグメントの使用可能水量が 0.0m<sup>3</sup>/s (取水した場合に流量を維持できない)であったため、計算結果の比較ができなかった。

水路 100m セグメントの使用可能水量 (B) を 1 とした場合の実際の取水量の比率 (A/B) は 24.4% から 447.1% までのばらつきが確認されたが、23 施設中 16 施設が ±50% 以内に収まり、23 施設の平均値は 141.3% となった(表 5.1-11、図 5.1-7)。

A/B の値が ±50% 以上となった施設は評価の対象から除外した。これらの施設は、地方公共団体等の規制、かんがい用水の取水が既に行われている等の理由で本分析ツールに設定した使用可能水量までの取水ができない、逆に既設発電所の豊水を利用している、複数地点で取水しているために本分析ツールに設定した使用可能水量を大きく超える取水がある等の事情により、乖離が大きくなったと考えられる。

表 5.1-11 回答された取水量と水路 100mセグメントの使用可能水量

施設 ID	最大取水量 (m <sup>3</sup> /s)		(A)/(B)	備考
	アンケート回答 最大取水量(A)	水路 100mセグメン ト 使用可能水量(B)		
2	0.2	0.4	57.5%	
3	0.6	0.6	101.7%	
4	2.0	8.2	24.4%	【除外】 地方公共団体等の規制 またはかんがい用水の取水があ るために取水量が小さい
5	0.2	0.2	110.0%	
6	0.9	1.4	61.4%	
7	2.7	5.8	46.7%	【除外】 地方公共団体等の規制 またはかんがい用水の取水があ るために取水量が小さい
8	2.0	1.1	181.8%	【除外】 既設発電所の豊水を利用 しているか、複数地点で取水 しているために取水量が大きい
9	3.5	3.2	109.4%	
10	1.1	1.2	91.7%	
11	1.1	0.9	123.3%	
12	3.0	2.2	136.4%	
14	3.2	2.6	123.1%	
15	1.3	1.7	73.5%	
16	2.8	2.3	121.7%	
17	-	2.1	-	アンケート無回答
18	2.5	1.1	227.3%	【除外】 既設発電所の豊水を利用 しているか、複数地点で取水 しているために取水量が大きい
19	5.0	4.9	102.0%	
20	22.0	10.1	217.8%	【除外】 既設発電所の豊水を利用 しているか、複数地点で取水 しているために取水量が大きい
21	12.0	3.2	375.0%	【除外】 既設発電所の豊水を利用 しているか、複数地点で取水 しているために取水量が大きい
22	1.3	0.0	-	取水不可
23	1.9	1.6	115.6%	
24	6.3	5.3	118.9%	
25	7.6	1.7	447.1%	
平均			141.3%	

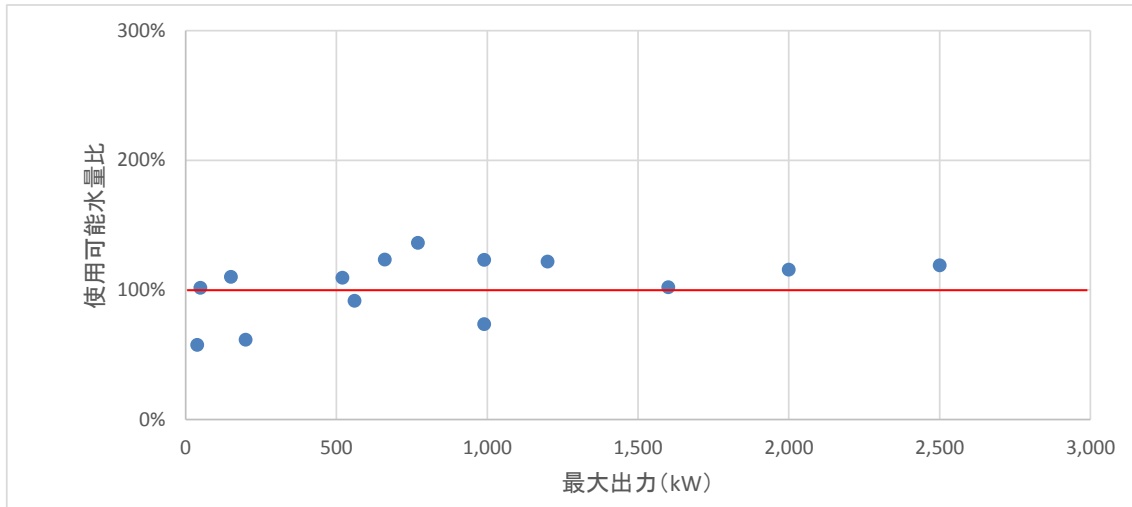


図 5.1-7 最大取水量と水路 100mセグメントの使用可能水量の比較

ii) 設備容量に関する検証結果

上述 i) で検討対象とした 16 施設について、アンケートで回答された取水点と放水点の標高、取水点における最大取水量及び、導水管延長を用いてツールの計算条件を入力し、設備容量を検証した。

ツールで計算した設備容量 (B) を 1 とした場合のアンケートで回答された最大出力 (A) の値 (A/B) は、87.5%から 119.9%までのばらつきが見られたが、平均は約 108.5%となった。また、13 施設においてツールで計算した設備容量よりも大きい値となった (表 5.1-12、図 5.1-8)。

表 5.1-12 回答された最大出力とツール計算結果

施設 ID	設備容量 (kW)		設備容量比 (A)/(B)
	アンケート回答 (A)	ツール計算結果 (B)	
2	39	44	89.7%
3	49	56	87.5%
5	150	140	107.1%
6	199	200	99.4%
9	520	465	111.9%
10	560	490	114.3%
11	660	550	119.9%
12	770	703	109.6%
14	990	840	117.9%
15	990	891	111.1%
16	1,200	1,085	110.6%
17	1,500	1,477	101.5%
19	1,600	1,418	112.8%
22	1,990	1,710	116.3%
23	2,000	1,860	107.5%
24	2,500	2,114	118.2%
平均			108.5%

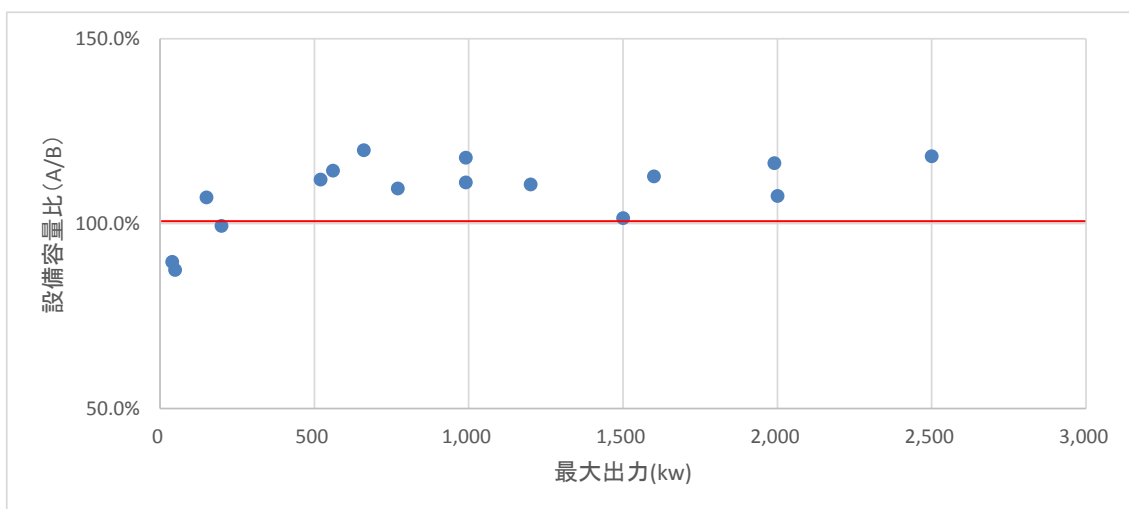


図 5.1-8 最大出力とツール計算結果の比較

### iii) ツールによる事業費に関する検証結果

上述 i) で検討対象とした 16 施設について、実際の事業費とツールで計算した概算工事費を検証した (表 5.1-13)。

ツールで計算した概算工事費 (B) を 1 とした場合のアンケートで回答された総事業費 (A) の値 (A/B) は、1.5% から 303.7% までのばらつきが見られ、平均では 115.4% となった。

総事業費を設備容量で除した建設単価 (千円/kW) については、1.7% から 261.0% までのばらつきが見られた。平均 105.9% となり、概算事業費よりもばらつきが小さくなった。

最大出力 (設備容量) 規模別にツール計算結果 (B) を 1 とした場合のアンケート回答値 (A) の比 (A/B) を見ると、概算工事比、建設単価比共に、「100~1,000kW」、「1,000~5,000kW」の区分で「50~100%」、「100~150%」の範囲の結果が多く、16 施設中 10 施設 (62.5%) を占めた (表 5.1-14、図 5.1-9)。

建設単価比が 150% 以上となった施設は 3 施設あった。原因としては、資材費が高い水圧管路を導水管のうち 90% 以上を占める、暗渠がトンネル構造である等、当該事業特有の工事費が大きくなる特徴があったため本検討から除外した。一方建設単価比が 50% 未満であった施設は 2 施設あった。原因としては、これらは新設ではなく既設発電所の改修によるものであったこと、もしくは本分析ツールで想定している設備すべてが設置されていないといった背景があり、これらも本検討から除外した。

表 5.1-13 回答された総事業費および建設単価とツール計算結果

施設ID	設備養老区分	総事業費比	建設単価比	備考
2	100kW 未満	128.6%	143.4%	地元自治会の所有する取水及び導水施設を利用したことから費用（土木関連）はかかっていない。
3		1.5%	1.7%	【除外】小規模施設（有効落差 13m、0.6m <sup>3</sup> /s）のため、建築費用 0、沈砂池 0。
5	100～1,000kW	176.7%	165.0%	【除外】水圧管路が 100%の構造である。
6		122.4%	123.1%	
9		136.3%	121.7%	ダムから取水している。
10		75.6%	66.1%	2 地点で取水、取水堰、道水路、ヘッドタンクは既設を改修して利用している。
11		88.3%	73.6%	
12		76.1%	69.5%	
14		68.0%	57.7%	取水点が不正確、発電所位置から推測した。
15		92.0%	82.8%	
16		1,000～5,000kW	123.4%	111.6%
17	85.2%		83.9%	2 地点で取水、取水量不明である。
19	142.7%		126.5%	ダム併設施設
22	303.7%		261.0%	【除外】水圧管路 98%の構造である。
23	186.7%		173.7%	【除外】暗渠がトンネルであ。
24	39.4%		33.3%	【除外】土木関連施設はすべて既設を流用。そのため、土木関連費用は建物解体、土留等のみである。
	平均		115.4%	105.9%

表 5.1-14 アンケート回答値とツール計算結果の比の分布

	50%未満	50～100%	100～150%	150%以上	計
100kW 未満	1	0	1	0	2
100～1,000kW	0	5	2	1	8
1,000～5,000kW	1	1	2	2	6
計	2	6	5	3	16

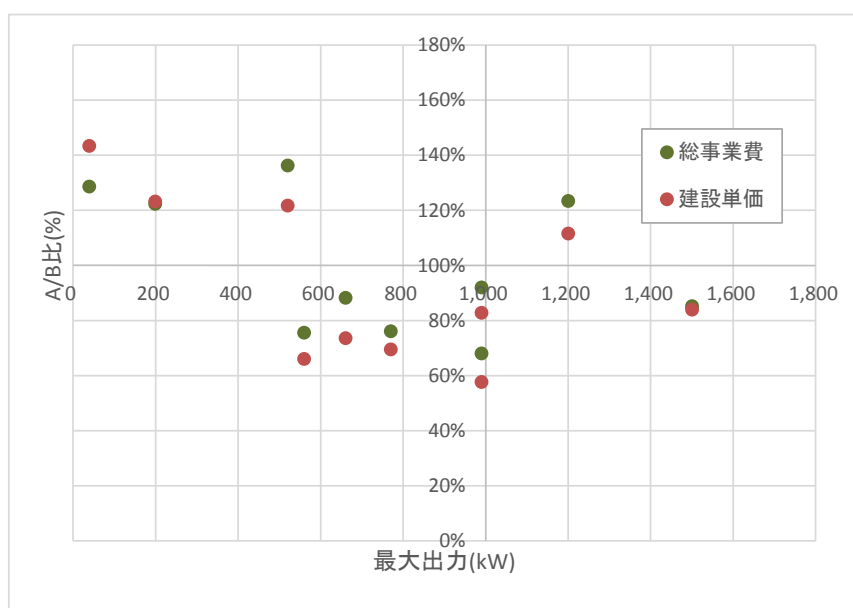


図 5.1-9 総事業費及び建設単価とツール計算結果の比較

### 3) 検証結果についての考察

本検討では、取水量、設備容量、建設単価（概算事業費／設備容量）の3つの視点でアンケートにより得た実績値と本分析ツールの試算結果を比較したが、いくつかの施設は取水量または建設単価について双方の乖離が±50%を超える結果となった。これらの施設は、仕様に表 5.1-15 に列記するような特徴があり、本分析ツールが想定する発電所の仕様と大きく異なっているため、本検証作業の対象から除外することとした。

表 5.1-15 実績値と計算結果の乖離が大きかった理由（推定）

視点	実績値が本分析ツールの想定値の150%以上	実績値が本分析ツールの想定値の50%未満
取水量	既設発電所の豊水を利用、複数地点で取水	地方公共団体等の規制、かんがい用水の取水が実施
建設単価	導水管のうち、水圧管路の比率が高い、暗渠がトンネル構造など	新設ではなく既設発電所の改修

本分析ツールは、設備容量が1,000kW前後の新規開発の施設を想定して開発したものである。また、取水量については、地形データ（標高、傾斜度）と河川線形データ、既往の流量観測所での実績流量をもとに、水路100mセグメント単位での使用可能水量を設定し、シミュレーション計算では取水点は1か所に限定する仕様となっている。表 5.1-15 に示す特徴は、こうした本分析ツールの制約を超えた条件である。

上記の異常値の除外の結果、数値の乖離は総事業費で平均115.4%、建設単価比で平均105.9%となった。また、1,000kW未満では実績値が低めに、1,000kW以上では実績値が高めに出る傾向があることが判明した。しかしながら個々のデータを見ると20~30%程度の

乖離となった施設もあり、本分析ツール計算結果は実事業費用とこの程度の差が出てしまうと考えるべきである。

以上のことから、本分析ツールの利用にあたっては、本分析ツールが想定する施設の設計条件を把握した上で、事業の設計条件との違いにより計算結果に相応の差誤差が出ることを認識しておくことが求められる。

乖離が生じる原因はアンケート回答から以下に列記するものが考えられる。

- 本分析ツールでは、計算モデルの簡略化のために施設の設計条件（パラメータ）をできるだけシンプルなものとしており、実事業における多様な設計条件を反映しきれない場合がある。  
具体例を挙げると、以下のとおりである。
  - 複数の地点で取水しており、複数の取水地点に取水堰を新設する施設は、使用可能水量や導水管延長を正しく設定することができない。
  - 地方公共団体が設定する開発制限、漁業権、かんがい取水等により取水量が制限される場合等は、情報が把握できておらず、計算にも反映できない。
  - 導水路の設計条件で、暗渠（コンクリート+鉄筋）や水圧管路（鉄管）等、単一の建材を想定しているが、別の建材（強化プラスチック管、FRPM管等）を使用した場合や複数区間で建材が異なる場合がある。特に、水圧管路の比率が大きくなると、乖離が大きくなる傾向がある。
  
- 本分析ツールは新規施設を想定している。したがって、既存施設のリプレイスや、取水施設（取水堰以外）等の既存設備を流用あるいは修復・改修利用が可能な場合に、費用の削減を反映できない。
  
- 本分析ツールの事業費計算は、「水力発電計画工事費積算の手引き」（平成 25 年 3 月，経済産業省 資源エネルギー庁、一般財団法人新エネルギー財団）の「規模選定工事費算定図」及びその経験式を利用しているが、この計算モデルが適用できる施設の条件を逸脱している施設の場合、適切な計算結果を得ることができない（ダム設備を利用した発電施設等）。



### 5.1.3 Web GIS 化に向けた検討

今後、WebGIS システムに本分析ツールを移行・統合していくことを想定し、移行すべきデータ、機能を整理する。また移行にあたり課題となる事項を抽出し、解決策を検討する。

#### (1) WebGIS システムと QGIS の機能分担の検討

本分析ツールは将来的に、WebGIS システムに統合し、他の再生可能エネルギーと同様に情報提供サイト上で運用できるように改良することが考えられる。しかしながら WebGIS システムは Web ブラウザ上で動作するアプリケーションであるため、ユーザインターフェイスなどに制約が出る可能性がある。

ここでは、本分析ツールと WebGIS システムの位置付けを整理し、双方のデータ搭載・機能分担のあり方、さらに将来的に本分析ツールの一部が WebGIS システムに統合しようとする場合の課題及びその解決策を検討する。

#### 1) 本分析ツールの機能の整理

本分析ツールが持つ機能を分類すると表 5.1-16 の通りである。

表 5.1-16 本分析ツールの機能一覧

区分	機能項目	利用方法
本分析ツール 専用開発した機能	中小水力発電の導入に関わる基礎情報属性検索機能	仮想発電所リンクデータまたは水路 100m セグメントデータについて、属性情報（設備容量、建設単価、流域面積等）により該当する仮想発電所リンク、水路 100m セグメントを抽出し、地図上に表示する。
	中小水力発電の導入に関わる基礎情報属性表示機能	任意の仮想発電所リンクデータまたは水路 100m セグメントデータを地図上で選択し、その属性情報（設備容量、建設単価、流域面積、流況等）を表示する。
	距離・落差の計測機能	導水管の配置方法を検討する場合などに、任意の 2 地点間の距離と落差を表示する。
	簡易シミュレーション機能	地図上で取水点、放水点を選択し、導水管のレイアウトを描画することにより、導入ポテンシャル及び概算工事費を計算する。中小水力発電開発の適地探しのほか、事業参入の意思決定支援ツールとして利用する。
QGIS が持つ基本機能	QGIS には商用の GIS ソフトウェアとほぼ同等の地図データ操作・管理に関する機能が搭載されている。 ①地図表示関連 拡大、縮小、スクロール、図形選択、レイヤ切り替え、属性情報に基づく表現の調整（色、線の太さなど）、複数レイヤの重ね合わせ 等 ②属性情報関連 属性データの一覧表示、個別表示、地図上でのラベル表示 等 ③情報検索関連 地図⇄属性の双方向検索、距離等をキーにした空間検索、レイヤ重ね合わせによる空間解析 等 ④その他 地図の印刷、簡易距離計測、縮尺設定機能 等	

## 2) ポータルサイトにおける WebGIS システムの位置づけ

本業務で試作構築する WebGIS システムは、これまでの調査結果を幅広く、かつわかりやすく提供することにある。WebGIS システムはインターネット越しに地図データを配信できる。

情報提供方法は、太陽光、風力、中小水力、地熱、地中熱、太陽熱の6つの再生可能エネルギーの区分で、全国のポテンシャル量を同一様式のグラフまたは地図により表現する仕様となっている。中小水力については、自治体別の導入ポテンシャル値のグラフ表示のほか、全国の仮想発電所リンク（ラインデータ）をポテンシャル値により色分けしたポテンシャルマップを WebGIS システムで表示している。一方で、基本的に全国のポテンシャルを情報提供することが目的のため、WebGIS システムでは水路 100m セグメントデータは表示していない。

## 3) 本分析ツールと WebGIS システムのデータ・機能の比較

上述の内容を踏まえ、WebGIS システムと本分析ツールを「搭載するデータ」、「利用可能な機能」の視点で比較すると、表 5.1-17 の通りである。

表 5.1-17 WebGIS システムと本分析ツールの違い

区分		データ・機能項目	WebGIS システム	本分析ツール
データ	地図	仮想発電所リンク	○（河川、農業用水路）	○（河川）
		水路 100m セグメント	×	○
		背景地図	○地理院地図	○地理院地図 ○標高の段彩図、陰影図
	属性	賦存量	△集計値を表示	×
		導入ポテンシャル（仮想発電所単位）	△集計値を表示	○（設備容量、建設単価）
		設備容量上の最大流量、流域面積、流況（想定値、水路 100m セグメント単位）	×	○
機能	本分析ツールの固有の機能	中小水力発電の導入に関する基礎情報属性検索機能	×	○
		中小水力発電の導入に関する基礎情報属性表示機能	×	○
		距離・落差の計測機能	△（距離と面積を計測）	○（面積計測は QGIS の標準機能）
		簡易シミュレーション機能	×	○
	GIS ソフトウェアの一般的な機能		△（主に地図表示機能）	○

参考までに、WebGIS システムと本分析ツールで、同一のエリアを表示した例を図 5.1-10, 11 に示す。

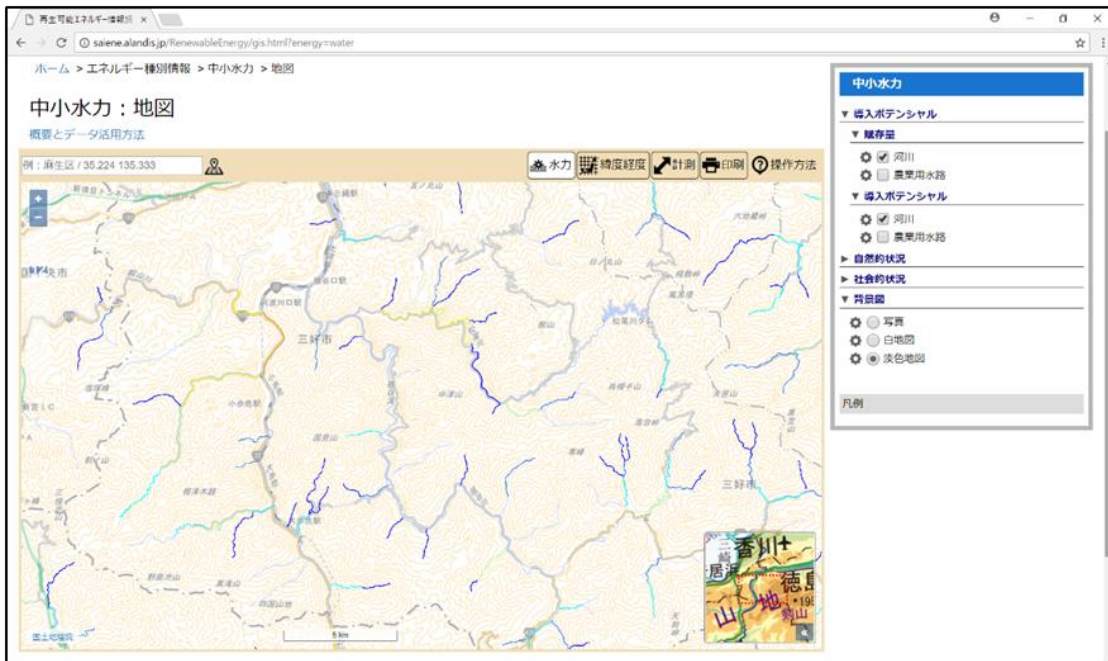


図 5.1-10 WebGIS システムによる地図表示

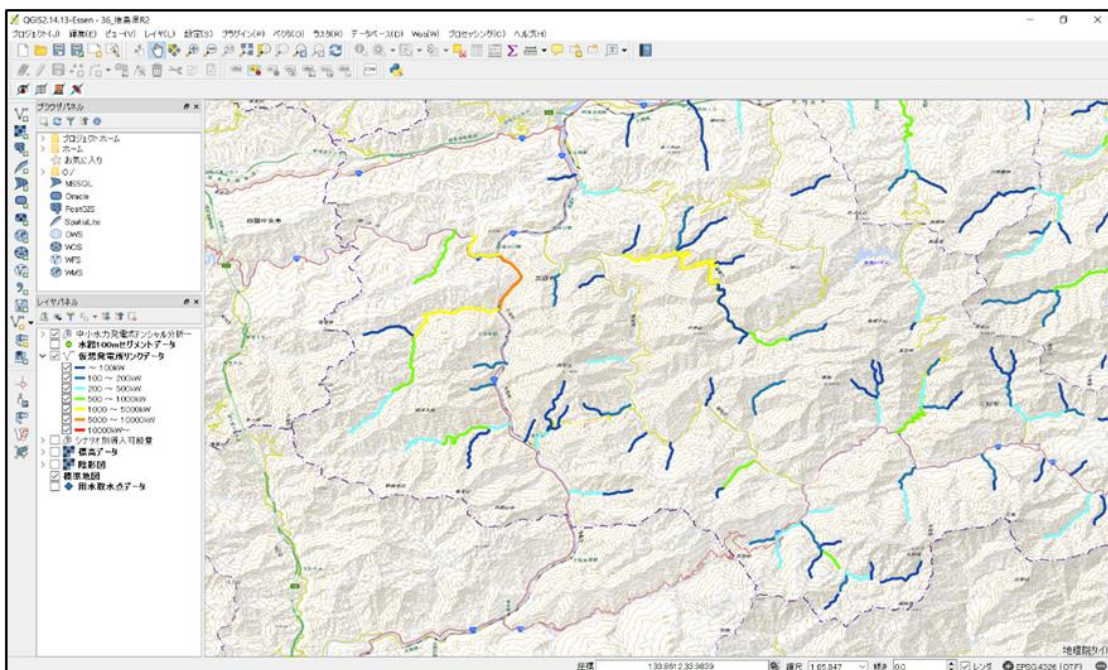


図 5.1-11 本分析ツールによる地図表示

表 5.1-16 から、WebGIS システムは全国を対象に仮想発電所リンクに関する情報（地図、導入ポテンシャルの集計値）の提供、地図の表示を中心とした GIS 機能としているのに対し、本分析ツールは、仮想発電所に加えて水路 100m セグメントの情報の提供、個々の仮想発電所、水路 100m セグメントの単位での属性値の双方向検索、利用者からの入力情報による動的計算機能などがあり、地域（中小水力発電開発有望地域）を絞って利用する想定となっていることがわかる。

一方で、搭載するデータのうち仮想発電所リンクは、WebGIS システムでは河川と農業用水路の 2 つのデータを搭載しているが、本分析ツールでは河川のみ（農業用水は取水点を搭載）となっている。これは、農業用水路のリンクデータが地域により偏っていること、河川のように 100m セグメントに分割してシミュレーション計算を行うようなことができないなどの理由により本分析ツールへの搭載が見送られ、参考情報として取水点（頭首工の位置）のみを搭載することとしたためである。

属性情報については、WebGIS システムで賦存量の集計データを搭載しているが、本分析ツールでは賦存量は地図データを含めて搭載していない。これは本分析ツールが開発支援（開発の有望箇所情報の提供）を目的としているためである。

WebGIS システムと本分析ツールとで、搭載するデータの空間規模、提供するデータの品質、GIS の機能の相違点を整理すると、表 5.1-18 に示すとおりとなる。

表 5.1-18 データの品質・機能の相違点

	WebGIS システム	本分析ツール
想定する情報提供の空間規模	全国	中小水力発電開発有望地域 (ツールの配布は都道府県単位)
搭載するデータ	仮想発電所リンク (河川、農業用水路)	仮想発電所リンク (河川) 水路 100m セグメント シナリオ別導入可能量 農業用水取水点
導入ポテンシャルの提供レベル	都道府県での集計値	個々の仮想発電所の導入ポテンシャル値 個々の水路 100m セグメントの流量、標高、流域面積、流況
GIS 機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 地図表示に関する機能</li> <li>・ 計測</li> <li>・ 印刷</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 地図表示</li> <li>・ 地物と属性の双方向検索</li> <li>・ 計測</li> <li>・ 重ね合わせ解析等、地図を多様な目的で操作する機能</li> </ul>

#### 4) データ・機能の分担の考え方

上述までに述べたように、WebGIS システムが他の再生可能エネルギーとの整合から最大公約数的なデータ提供、GIS 機能仕様としているのに対して、本分析ツールは中小水力発電に関する細かな情報提供、データ閲覧だけでなくデータ分析までを行う GIS 機能仕様となっている。

これは本分析ツールが、中小水力発電に興味があるまたは中小水力発電事業への参入を考えている主体（国、地方公共団体、民間事業者）向けの詳細な情報提供、意思決定支援のためのシミュレーション機能の提供を目的として開発されたためである。

上記から考えると、本分析ツールのデータ・機能のうち WebGIS システムと重複する部分については WebGIS システムに移行させ、本分析ツールからは除外してもよいと考える。例えば仮想発電所リンクのデータ及びこのデータの検索機能は、WebGIS システム上で個別地物の検索が実装できれば、本分析ツールには不要となる。WebGIS システムと本分析ツールとのデータ搭載・機能分担の考え方を表 5.1-19 に整理する。

表 5.1-19 データ・機能の分担の考え方

区分	データ・機能項目	分担の考え方
データ	仮想発電所リンク	WebGIS システムと重複しているため、本分析ツールからは除外してもよい。
	水路 100m セグメント	データ量が膨大であること、シミュレーション計算のための基盤データという位置付けであることから、本分析ツールでの運用とする。
	シナリオ別導入可能量	WebGIS システムで公開する必要性については判断が必要であるが、本分析ツールでは参考情報の位置付けであるため、移行させることは可能である。
	農業用水取水点	取水点の位置情報はセキュリティ上の問題から、WebGIS システムでの公開については慎重に行う必要がある。本分析ツールでは参考情報の位置付けであるため、移行させることは可能である。
機能	中小水力発電の導入に関わる基礎情報属性検索機能	この機能は WebGIS システムには搭載されていないため、仮想発電所リンクのデータを移行した場合は検索機能も移行が必要となる。
	中小水力発電の導入に関わる基礎情報属性表示機能	仮想発電所リンクに関するデータ、機能を除外したとしても本分析ツールにおいては必須の機能である。
	距離・落差の計測機能	〃
	簡易シミュレーション機能	〃

## （２）WebGIS システム上での運用に関する課題の整理及び解決策検討

将来的に本分析ツールを WebGIS システムに統合して運用することを想定し、現時点で考慮すべき事項を整理する。

### 1) 統合の考え方

本分析ツールの WebGIS システムへの統合にあたっては、本業務においてカスタマイズした 4 つの機能を WebGIS システムに実装する方針とする。

本分析ツールの基盤となっているのは QGIS という汎用 GIS ソフトであるが、QGIS が持つ機能のすべてを WebGIS システムで再現することは現実的ではない。これは、WebGIS ソフトウェアは基本的に Web ブラウザを用いた地図データの配信（表示）を目的としたソフトウェアであり、QGIS やその他の有償ソフトを含めた汎用 GIS ソフトウェアが持つ地図及び属性編集、地図データ解析等の機能は一般には想定されていないためである。技術的にはこうした機能を WebGIS 上に実装することは可能であるが、汎用パッケージが実現している機能をあえて開発することはソフトウェア資源の有効活用の点から望ましくない。また、WebGIS システムは不特定多数の利用者を想定したものであるが、利用者すべてがこれらの機能を必要とすることは極めて考えにくい。

## 2) 本分析ツールの機能を WebGIS システム上で実装する場合に考慮すべき事項

4 つの機能を WebGIS システム上に実装する場合に考慮すべき事項を表 5. 1-20 に示す。

表 5. 1-20 本分析ツールの機能を WebGIS システム上に実装する場合の制約・課題

機能項目	WebGIS システムに実装する場合の制約・課題
中小水力発電の導入に関わる基礎情報属性検索機能	利用者からの検索要求をブラウザから受取り、サーバ側で検索・抽出した結果を地図上に表現（動的な表示）するためのプログラムを WebGIS システムに実装する。
中小水力発電の導入に関わる基礎情報属性表示機能	属性表示機能は基礎情報表示用の機能追加が必要。その際、全国の水路 100m セグメントのような大容量データを効率よく扱えるよう、データの表示方法等を最適化する必要がある。
距離・落差の計測機能	距離・面積の計測機能はすでに搭載されている。落差の計測は、標高データを参照する必要があるため、全国の標高メッシュデータを搭載し、効率的に標高値の取得、計算ができるよう、処理方法を最適化する必要がある。
簡易シミュレーション機能	利用者が入力した計算条件をブラウザから受取る機能及び、シミュレーション計算のための基盤情報（経験式等）を組み込んだ計算プログラム（受け取ったパラメータを基にサーバ側で計算し、結果をクライアントに返すプログラム）を WebGIS システムに実装する必要がある。 ただし、この機能は GIS の基本機能とは別となるため、サーバへの実装ではなく、別途プラグインを導入するなどの対応が必要となる可能性がある。

基本的に、利用者がブラウザ上で何らかの条件を入力し、それを WebGIS システムが受け取って処理をする必要がある機能については、現時点での WebGIS システムでは想定されていないため、追加開発が必要となる。さらに、シミュレーション計算など地図データの処理を含まない機能は、WebGIS システムのカスタマイズだけでは対応できない可能性がある。その場合 Web システムとして実装するためには、別途プラグインをブラウザに導入する等の対応が必要になる可能性がある。

### 3) 制約・課題の具体的な解決方法

上述イ) に説明した事項はいずれも技術的に不可能なものではない。基本的には、実装作業（プログラム開発）を行うことで、本分析ツールを WebGIS システムに統合することができる。ここでは、具体的に実装作業を行うに場合の技術的な対応方法を検討する。

#### i) WebGIS システムのカスタマイズ

表 5.1-18 に列記した 4 つの機能のうち、WebGIS システムのカスタマイズにより統合が可能なのは、「中小水力発電の導入に関わる基礎情報属性検索機能」、「中小水力発電の導入に関わる基礎情報属性表示機能」、「距離・落差の計測機能」の 3 つである。

WebGIS システムは、WebGIS ソフトウェアの「ArcGIS Server10.3.1」、データベースソフトウェアの「Microsoft SQL Server 2012」を基盤として開発されたものである。主に、ArcGIS Server は地図データの表示に関する機能、Microsoft SQL Server は属性情報の管理に関する機能を持つ。WebGIS システムの開発作業とは、基本的には双方の機能を紐づけ、双方からのデータの参照をするためのユーザインターフェイス(画面)を構築することと言える。上記の本分析ツールが持つ 3 つの機能は、いずれも地図データと属性データを組み合わせれば双方向検索ができれば実現できるため、実装は WebGIS システム開発作業の延長線上の対応で十分に可能である。

#### ii) 大容量データの管理

水路 100m セグメントデータは全国で約 300 万点の地点データである。これを WebGIS システムに搭載し、全国を対象に表示検索サービスを行うとデータのトラフィックが膨大になってシステムの動作に支障が出る可能性がある。これについては、カスタマイズにあたり以下に列記する事項に考慮するものとする。

- ・地図の表示縮尺により、表示する項目（地物）を調整できるようにする。
- ・データベースと地図の双方向検索の際、地図上の一定領域を設定してその領域内でのみ検索が可能となる等、検索対象となるデータの量を制限する処理を行う。
- ・データ量が膨大な地図データは、タイル化等により表示レスポンスの低下を防ぐ対応をとる。

## 5.2 操作マニュアルの改訂

上述 1. で説明した本分析ツールの機能改良結果を踏まえ、操作マニュアルを改訂した。改訂版マニュアルは巻末資料 5 に格納した。